

отсутствует анализ, сравнительная оценка эффективности и практические рекомендации по выбору рациональных методов формирования.

Эффективным средством уменьшения времени нахождения местных вагонов на технических станциях и связанных с этим эксплуатационных расходов является оптимизация процесса формирования многогруппных составов. Оперативный анализ и выбор метода формирования составов позволяет минимизировать время формирования и достичь существенного сокращения объема маневровой работы, и связанных с ней эксплуатационных расходов. В этой связи была поставлена задача сравнительного анализа и оценки существующих методов формирования многогруппных составов.

Среди множества известных методов были исследованы пять наиболее эффективных: комбинаторный, распределительный, основной и двойной ступенчатый и равномерного нарастания. Формализация этих методов позволила создать имитационную модель процесса формирования, с помощью которой были выполнены исследования и оценка эффективности указанных методов. Установлено, что для каждого состава существует рациональная схема и метод формирования, использование которых позволяет на 5-20% сократить время выполнения технологических операций, и, соответственно, снизить расход энергоресурсов на выполнение соответствующей маневровой работы.

В то же время, для выбора рационального комплекса технических средств для формирования многогруппных составов недостаточно учитывать только технологические параметры этого процесса. В этих случаях необходим экономический анализ, который позволит оценить целесообразность сооружения сортировочной горки малой мощности для формирования многогруппных составов и специализированного группировочного парка или дополнительных сортировочных путей для уменьшения времени формирования составов.

Для выполнения технико-экономического анализа процесса формирования составов в имитационной модели предусмотрено вычисление необходимых показателей: локомотиво-, вагоно- и тонно-километров пробега, а также энергетических затрат на маневровую работу. Расчет значений указанных показателей необходим для определения суммарных эксплуатационных расходов на формирование многогруппных составов, которые используются для выбора рационального варианта технических средств (типа сортировочного устройства и числа сортировочных путей).

Расчет эксплуатационных расходов связанных с маневровой работой может оказаться необходимым также для оптимизации оперативного управления процессом формирования многогруппных составов на станциях. В частности, в оперативных условиях могут выбираться для каждого состава оптимальные схема и метод формирования в зависимости от складывающейся ситуации по минимуму продолжительности формирования либо по его минимальной стоимости. Это позволит повысить энергоэффективность процесса формирования на станциях.

Применение накопителей электрической энергии в системе электроснабжения железной дороги

Сокол Е.И., Замаруев В.В., Кривошеев С.Ю., Ересько А.В., Стысло Б.А., Макаров В.А.
НТУ «ХПИ»

В системе электроснабжения железной дороги нагрузка на питающую сеть участка железной дороги в каждый момент времени может быть спрогнозирована на основании графика движения поездов и известных характеристик подвижного состава. Также прогнозируется значение потребляемой мощности и соответствующие интервалы

времени. Для снижения пульсаций потребляемой мощности и, следовательно, уменьшения потерь в сети питания, целесообразно в качестве буферного источника энергии использовать батарейные системы накопления электрической энергии (БСНЭ), включающие в свой состав аккумуляторные батареи (АБ) требуемой емкости. Подзарядка АБ производится на интервале отсутствия движения электропоездов. Потребление энергии из сети питания во время прохождения по участку состава частично компенсируется за счет энергии, ранее накопленной в БСНЭ. Для минимизации просадок напряжения контактной сети БСНЭ могут устанавливаться как на территории существующих подстанций, так и между ними. Применение БСНЭ также позволит интегрировать в существующую систему электроснабжения солнечные и ветровые генераторы электрической энергии. Одной из последних разработок аккумуляторных батарей, подходящих для подобных решений, по мнению авторов, являются LiFePO₄ батареи, обладающие всеми положительными качествами классических литиевых АБ (высокая энергоемкость, наличие режимов быстрого заряда/разряда, отсутствие эффекта памяти, отсутствие необходимости периодического обслуживания), но при этом являются взрывобезопасными и имеют гораздо больший срок жизни.

Для обеспечения нормальной работы аккумуляторной батареи, в процессе ее эксплуатации требуется постоянно отслеживать уровень заряда каждого из элементов батареи, предотвращая его выход за допустимые границы. Кроме того, необходимо выравнивать значения напряжения каждого из последовательно включенных элементов между собой. Эта задача возлагается на систему управления аккумуляторной батареей - BMS (Battery Management System). Предложенная структура BMS включает в себя N обратных преобразователей, где N – количество элементов батареи в секции. Преобразователи выполнены на многообмоточном трансформаторе, причем к каждому элементу батареи через коммутирующие элементы подключена одна первичная и одна вторичная обмотка трансформатора обратного преобразователя. Для измерения уровней напряжения каждый аккумулятор на короткое время подключается к обмотке трансформатора (режим сканирования). В это время на дополнительной измерительной обмотке системой управления фиксируется значение соответствующего напряжения. За N циклов система управления получает сведения об уровне напряжения на каждом из аккумуляторов секции. В случае превышения допустимой разницы в уровнях напряжения элементов секции, производится отбор мощности от максимально заряженного элемента АБ и передача ее элементу с наименьшим уровнем заряда. Во время прямого хода обратного преобразователя происходит отбор энергии от аккумулятора, имеющего избыточный заряд и измерение уровня напряжения на нем, а на обратном ходу передача накопленной энергии аккумулятору с меньшим зарядом и фиксируется минимальное напряжение среди батарей секции (режим выравнивания). При этом, на интервале накопления энергии в дросселе, достаточно просто производить оценку внутреннего сопротивления батареи. При его недопустимом значении (вследствие старения) принимается решение о необходимости регламентных работ.

Специфика использования накопителей электрической энергии в системе электроснабжения железной дороги

Сокол Е.И., Замаруев В.В., Кривошеев С.Ю., Ереско А.В., Стысло Б.А.
НТУ «ХПИ»

Неравномерность потребления электроэнергии – одна из основных проблем систем электроснабжения. Во время движения состава по участку железной дороги,